

二化螟虫の休眠に就いて(3)**

深 谷 昌 次

I. 緒 言

温帯圏に棲息する昆虫の多くが冬季休眠をするということは非常に著しい現象なのだが、最近まで休眠の機構に就いては諸説紛々といつた有様で定説らしいものはなかつた。

所が昆虫の發育機構、特に脱皮とか変態の生理が進展するに従つて、少くとも幼虫の休眠生理に就いては方法論的に手懸りが得られるようになって來た。

最近 Williams (1946, 1947) は *Platysamia cecropia* という蛾の1種に於て休眠生理の核心を衝くことに成功したが、一方梅谷 (1946) は卵態越冬の昆虫に関する廣範なる研究を発表し休眠の機構を水分生理の立場から深く掘り下げた。

著者は家蚕の変態或は脱皮の機構から推して二化螟虫の休眠も *Corpora allata* とか前胸腺 *Prothoracic gland* の機作を契機とするのではあるまいかとの作業仮説によつて數年來研究を進めて來たが、ここではこの線に沿つた実験結果の一端を紹介することにする。

本文を草するに當つて御助言を賜つた八木誠政教授、福田宗一博士に心から鳴謝する次第である。又この研究は井伊正弘、道家信道、飯塚慶久、岡崎勝太郎諸氏の深い御理解と御支援がなければ完遂出来なかつたであらう。ここに銘記して深く御礼申し上げ度い。最後に本研究を施行するに當つて示された助手中麻憲次氏の異常な御努力に対し感謝の意を表し度い。

II. 材 料 及 び 方 法

実験に供した越冬幼虫は倉敷市(岡山縣)及び黄金村(山形縣東田川郡)のものであつて、前者は所謂西国型に屬し、冬季に於ける休眠は極めて深刻であるが後者は庄内型に屬し、冬季加温すれば比較的短時日の中に蛹化する。

先ず休眠幼虫を休眠から覚醒させ蛹化を誘導することを目的として次のような実験を施行した。即ち予め黄金産幼虫を加温して置き、蛹化間近くなつた個体又は若蛹の体液或は前胸腺を注射器に移し、これを休眠状態にある倉敷産幼虫の体内に移注してその結果を観察した。体液の移注や前胸腺の移植に使用した注射器はその先端にガラス細管をパラフィンにて固着させたもので、この細管を幼虫の背面に挿入すると毛細管現象でガラス細管中に約2~3mgの体液が入るから、それをそのまま供試虫の第4腹脚基部に注入した。

前胸腺の摘出に際しては先ず虫体背面を上にして解剖皿上に固定、生理的食塩水中で背線に沿つて鋏を入れ、第1胸節を2本の針で左右に押し開き、氣管叢を鋭利なピンセットでむしり取り、これをスライドガラス上に滴下した少量の生理的食塩水中に移して鏡檢した。スライドガラス上で氣管から分離された前胸腺は上記注射器の毛細管中に食塩水と共に容易に吸入されるから、これを体液の場合と同様にして供試虫の体内に移注した。

又 Williams の実験に関連して腦の移植も行つたが、腦は前胸腺に較べると遙かに形が大きい。

* 文部省科学試験研究費による業績。

** 1951年度日本農学会大会分科会では「二化螟虫の休眠生理、特に越冬幼虫の蛹化誘導と生殖器の發育機構に就いて」なる演題で予報した。

いからガラス毛细管もそれに應じた太さのものを使用した。

さて以上の如き処理を行つた幼虫は3日間15°Cの下に放置してから25°Cの定温器内に移し、その経過を見る一方、一定期間を置いて生殖巣の肥大する状況を検した。幼虫が蛹化する時生殖巣の容積は越冬期のその2~3倍に肥大するが、こうした形態的变化は生理的变化、換言すれば休眠から覚醒して蛹化え向う変態過程の進行度を端的に指示する尺度として重要な意義を有するものである。

尙対照としては全然処理を行はなかつたもの及び休眠虫の体液乃至は前胸腺を休眠虫に移注したものにとつた。

次に蛹化の誘導に關與する中心的器官の大体の所在を確めるために休眠幼虫の頭部と第1胸節との境界、胸部及び腹部の境界附近或は生殖器下方の腹節等を結紮して25°C下に保護し、生殖巣の肥大状況とか各体部に於ける体液のカタラーゼ作用力変化等を測定した。

カタラーゼ作用力の測定には過マンガンサンカリによる方法がしばしば採られているが過マンガンサンカリは有機体によつても脱色するので滴定時に於ける終末点がはつきりしない憾がある。そこで著者は次の如きヨードメトリーを採用して見たが、その結果は大体満足すべきものであつた。

即ち、約0.6% H_2O_2 4cc と蒸溜水 5.8cc に M/3 Na_2HPO_4 0.1cc を加えたものを混合し、これに 0.85% $NaCl$ 溶液で25倍に稀釈した体液 0.1cc を入れて全容 10cc, pH 6.8 の緩衝液として30°Cに30分間放置した後、10% H_2SO_4 5cc にて作用をとめ、その後10% KI 5cc を注加し30分間そのままにして置いてから遊離して出て来る I_2 を 10/N $Na_2S_2O_3$ にて1%澱粉溶液を指示薬として滴定した。尙 H_2O_2 を加える前に H_2SO_4 を加えて不活性化し同様に滴定せるものを盲検とした。このようにして測定される H_2O_2 消費量は mg, 或は百分率で表示される。

III. 實 験 結 果

1) 生殖巣の形態的变化 一般に越冬期幼虫は老熟しているものと信じられていたが、虫体を解剖して見た結果、少くとも生殖巣は蛹化直前のそれに比較して著しく小さいことが判明したのである。虫体を腹面から解剖すると生殖巣は第8環節の氣門叢近く背脈管の両側に対をなして存在する(第1図)が、冬季に於て生殖巣の大きさは西国型でも庄内型でもあまり甲乙がな

第 1 表 越冬幼虫に於ける生殖巣の形態的变化 (容積指数の変化)

材 料 産 地		経 過 日 数 (25°C)				
		0	5	10	15	20
倉 敷	♂	162.1	163.8	200.3	—	196.1
〃	♀	49.7	28.1	48.4	—	39.3
黄 金	♂	189.7	253.7**	303.5**	533.6	—
〃	♀	67.5	55.5**	137.2**	116.3	—
倉 敷	♂	162.1	240.7	243.1*	—	—
(黄金体液→倉敷)						
〃	♂	162.1	184.1	—	—	—
(倉敷体液→倉敷)						

備考 1) 1月13日より実験開始、各区10頭供試。

2) *, ** は夫々對應する倉敷産のものとの比較に於て、5%, 1%の危険率で認められる有意差。

い。併しこれ等両型の幼虫を 25°C 位に加熱すると、庄内型では雌雄とも10日後にその容積を 2~3 倍に増大するが、西国型ではその肥大度がそれ程目だたない（第1表、第1図、第2図）。このような現象の中に休眠から蛹化迄の生理的過程の道標が集中的に示されていると考えられる。尙本実験に関する限り辜丸の外形的肥大化は内部の組織的分化を意味するのであるが、その詳細はまた他の機会に発表するであろう。

2) 体液の移注 蛹化間近い庄内型幼虫の体液 2~3mg を休眠幼虫に移注した結果は第2表に示される如くである。移注による悪影響のためか斃死するものを多数生じたが、明かに蛹化の促進されたと思われる、個体5個を得た。尙体液を移注してから5日後に辜丸を検するとその肥大化が窺われたが、その後の发育は停頓状態を呈するように見受けられた。

一方蛹化直後の蛹体液を休眠幼虫に移注した結果第3表の成績が得られた。即ち蛹化してから

第.2 表 蛹化直前幼虫の体液を休眠幼虫に移注した場合の蛹化誘導

区	移注月日	供試蟲數	最初の蛹化個 体を生じた日 の生存蟲數	蛹 化 數	蛹化前日數
Ex. 1	9. I	20	4	1	15
Cont. 1	"	"	6	6	Min. 43 Max. 49 Mean. 44.7
Ex. 2	22. I	20	3	1	16
Cont. 2	"	"	15	4	Min. 34 Max. 55 Mean. 43.0
Cont. 2' (K→K)	"	"	1	1	41
Ex. 3	23. I	22	—	—	—
Cont. 3	"	50	17	4	Min. 41 Max. 42 Mean. 41.8
Ex. 4	13. II	30	—	—	—
Cont. 4	"	20	3	3	Min. 43 Max. 53 Mean. 46.3
Ex. 5	15 II	30	4	4	1.....26 2.....29 1.....32 Mean. 29.0
Cont. 5	"	40	30	11	Min. 35 Max. 52 Mean. 43.6
Cont. 5 (K→K)	"	46	—	—	—

備考 Cont. は無処理の、Cont. (K→K) は倉敷産幼蟲の体液を倉敷産のものに移注した対照を意味する。

第 3 表 若蛹の体液を休眠幼虫に移注した場合の蛹化誘導

区	移注月日	供試蟲數	最初の蛹化個 體を生じた日 の生存蟲數	蛹 化 數	蛹化前日數
Ex. 1	13. II	60	3	2	1.....15 1.....22
Cont. 1	"	20	3	3	Min. 43 Max. 53 Mean. 46.3
Ex. 2	15. II	30	—	—	—
Cont. 2	"	40	30	11	Min. 35 Max. 42 Mean. 43.6

らの体液移注によつても休眠幼虫の蛹化を誘導することが出来る訳である。

3) 前胸腺及び脳の移植 前胸腺 Prothoracic gland は家蚕に於けると同様第 1 氣門に近い氣管叢に密接していて幼虫体を背面より解剖するとこれを認めることが出来る(第 3 図)。長さは 600~800 μ 、幅は最狭部で 50 μ 内外、休眠幼虫では数十個の細胞より成り、比較的強靱であるが、前蛹期に達すると一つ一つの細胞が肥大して來て、前胸腺そのものが強靱性を失うためにこれを完全な形で摘出するのが困難になる。

さて 1 月 8 日から 2 月 18 日に亘り老熟幼虫及び前蛹から摘出した前胸腺 1~2 個を、総數 395 個の休眠幼虫に移植して見たが、唯 1 例に於て蛹化前期間 21 日が示されたのみで他は殆ど対照区のものと同大差を示さなかつた。

脳の移植はその大きさのため極めて困難であつて総數 72 の中蛹化する個体は遂に得られなかつたが、実験した範囲内では蛹化が促進されるという徴候は見られなかつた。

4) 幼虫体各部位の結紮が生殖巢の形態的变化に及ぼす影響 上述の実験経過を通観すると蛹化の誘導とか、生殖巢の肥大化が何か体内に起るホルモンの機作に関連するのではなからうかとの感じを抱かせる。殊に蛹化えの全体的發展と生殖巢の肥大化との間には密接な関連の存

第 4 表 結紮が生殖巢の形態的变化に及ぼす影響 (容積指數の変化)

材料産地	結紮部位	結 紮 後 経 過 日 數			
		0	5	10	15
倉 敷 8	対 照(無処理)	185.5	187.6	200.3	241.7
	頭 部	"	280.4**	321.5**	388.0**
	胸 部	"	241.9*	297.2**	283.4
	腹 部	"	203.5	—	—
黄 金 8	対 照(無処理)	223.7	235.0	—	—
	頭 部	"	302.1*	—	—
	胸 部	"	153.6*	—	—
	腹 部	"	230.7	—	—

備考 1) 2 月 14 日より実験開始、各区 10 頭供試。

2) *, ** は夫々対照との比較に於て 5%, 1%, の危険率で認められる有意差。

在することが窺知される。そこで休眠幼虫の頭部と第1環節との間、第3、第4環節の境界及び第8、第9環節の間を夫々結紮（以下順に頭部結紮、胸部結紮、腹部結紮という）して蛹化誘導の中心を探索するのと同じ要領で、生殖巣肥大化に関係のある部分を調べて見た。その結果は第4表の如くであつて、西国、庄内何れに就いても頭部を結紮した場合生殖巣は明かに肥大している。腹部の結紮によつても生殖巣は肥大するが、胸部結紮では趣を異にし、庄内型では睾丸の大きさが極端に小さくなるのに反し、西国型では幾分大きくなる。併し西国型の場合でも結紮後15日を経過すると胸部結紮をした個体の生殖巣は漸次退化の傾向を示すようになる。尙2月1日に頭部を結紮した西国型20個体の中から結紮12日後に蛹化する1個体を生じた。勿論この場合脱皮は起らないから旧皮下に見られる蛹皮の形成によつて蛹化と断定した訳である。

5) 幼虫体各部位の結紮が体液カタラーゼの作用力に及ぼす影響 一般に昆虫の変態とか脱皮等という大きな生理的変動期には酵素類の作用力が大きく変化したり、体液の還元力等がひどく増減するものである。即ち二化螟虫では冬季に於ける体液の還元力は一般に低下しているが、蛹化間近になるとそれは急に上昇する(深谷、1951 a)。体液のカタラーゼ作用力もその消長曲線が還元力のそれに類似している。カタラーゼ作用力と呼吸の強さとは必しも相関的なものではないといわれるが、二化螟虫の場合にはこの両者の間に密接な関連のあることが知られている。

著者はそこで蛹化えの生理的変動を見る一つのインディケーターとしてカタラーゼ作用力の増大化を重視するのであるが、ここでは差当つて幼虫の頭部、胸部等を結紮した場合体液カタラーゼ作用力がどうなるかを調べて見た。その結果は第5表に示される如くであつて、頭部を結紮すると西国型、庄内型共にカタラーゼ作用力は著しく上昇することが認められた。そこで次に頭部、胸部を同時に結紮したもの及び胸部だけを結紮したものの2通りを作り、体の前方(胸部)及び後方(腹部)に於ける体液のカタラーゼ作用力を比較して見た。第6表を見ると明かであるが、カタラーゼ作用力は胸部(頭、胸結紮)>胸部(胸結紮)>腹部(頭胸結紮)≒腹部(胸結紮)≒無処理対照の順序を示した。ここに於ても前項の場合と同様頭部に何かカタラーゼ作用力を結果的に見て抑制するような傍が存在するのではあるまいかとの疑念を抱かせるに充分なものがある。

第5表 結紮した場合に於ける体液カタラーゼ作用の消長(H₂O₂分解量百分率)

材料産地	結紮部位	結 紮 後 経 過 日 数 (25°C)						
		0	2	4	5	6	10	20
倉 敷	対照(無処理)	5.7%	—	—	10.1%	—	31.0%	34.5%
	頭 部	〃	—	—	33.2%	—	55.1%	31.4%
	胸 部	〃	—	—	10.3%	—	15.5%	23.3%
黄 金	対照(無処理)	21.5%	46.5%	61.7%	—	64.3%	—	—
	頭 部	〃	62.3%	72.5%	—	74.7%	—	—
	胸 部	〃	48.9%	53.9%	—	54.8%	—	—

備考 1) 3月5日より実験開始、各区20頭供試。

2) 胸部結紮の場合体液は腹部から採つた。

第 6 表 結紮した場合に於ける体前方及び後方の体液カタラーゼ作用力変化
(H_2O_2 分解量百分率)

実験回数	頭部及び胸部結紮		胸 部 結 紮		無 処 理
	胸 部	腹 部	胸 部	腹 部	
4	30.7%**	13.2%	20.1%**	12.8%	12.5%

備考 1) 本表は25°C, 5日経過後(3月27日)に測定して得た値を示す。

2) **腹部体液カタラーゼ作用力との比較に於て1%の危険率で認められる有意差。

IV. 考 察

さきに福田(1944)は家蚕に就いての研究から変態とか幼虫の脱皮現象が前胸腺とか *Corpora allata* の機能とに深い関係を有することを指摘したが、著者は数年来実施して来た諸実験の結果から推して、二化螟虫の休眠と前胸腺或は *Corpora allata* との間に何か結びつきがあるのではないかと考えていた。所が既述したように Williams (1946, 1947) は *Platysamia cecropia* という蛾の蛹を材料として蛹の休眠が結局は脳及び前胸腺の機能に基くことを証明した。

そこで先ず休眠現象がホルモ的な機作に支配されるものとすれば、蛹化間近い幼虫或は若蛹の体液を休眠幼虫に移注することによつて、蛹化前期間の短縮が起りやしないかとの想定の下に体液の移注実験を試みたのであるが、それはある程度成功を収めた。それではこうしたホルモ的な物質が何処から分泌されるか問題となる。従來の知見に徴すれば、当然頭部に存在する器官或は前胸腺がそれに應じしいものとなるであろう。

かくて著者は蛹化間近い幼虫の前胸腺を休眠幼虫に移植した訳だが、実験個体 395 の中蛹化したものは10個体で、その中の1個体に於て蛹化前期間の短縮が認められた。この一例からだけでは何とも結論を引き出しかねるが、大体前胸腺の活力は家蚕の例でも判るように酸素圧によつて大きく支配されるらしいから、一度摘出して移植したものが新しい Host の内部で正常な機能を発揮するチャンスは極めて少いものと想像される。

脳の移植も思わしい結果を得るに至らなかつたが、頭部の結紮によつて蛹化個体を生じたり、生殖巣の肥大が観察された事実は極めて重大である。若し二化螟虫の脳に蛹化誘導の第1次的機能があるとすれば頭部の結紮によつてこのような現象が起るとは考えられない。

さて頭部結紮、換言すれば頭部の影響を無くすることによつて生理的な発展が起るといふことは頭部に何か抑制的な力の存在することを考えれば納得がゆくが、腹部結紮による生殖巣の肥大化或は胸部結紮によつて生ずる二つの傾向—西国型では生殖巣がある期間肥大化する傾向を示し、庄内型では縮小する—をいかに説明すべきであろうか。こうした問題を考える前に、体の各部を結紮した場合に於ける体液カタラーゼ作用力の変化を一瞥して見よう。カタラーゼ作用力は第6表から明かなように常に前胸腺を含む胸部体液に於て高い値を示している*。而もそれは頭部の影響を無くした時特に高いのである。所が胸部を結紮した場合でもその直後暫

* 最近 Agrell (1949) は *Calliphora erythrocephala* Meig. の蛹を用いて変態期に於る Dehydrogenase の分布を研究し、それが胸部では特に強いことを確めた。氏はこれを胸部に於ける筋肉形成と關聯させて考えているようであるが、胸部に変態の中樞的器官が存在するという事実を重視する必要があるのではあるまいか。

くは作用力が無処理のものに較べて幾分高くなっている。それは結紮という異状処理が虫体に対してある種の生理的影響を與え、それが契機となつてカタラーゼ作用力を増大することを意味するのではあるまいか。こうした刺激的效果は独りカタラーゼばかりに見られるのではなく生殖巣の肥大化を結果する一連の生理的機能に關與する酵素にも響いて來るのではなからうか。

従つて胸部を結紮した休眠幼虫の生殖巣がある期間肥大化するということは考えられることである。併し庄内型では西国型に比較して代謝の速度が非常に早いため、結紮直後の刺激的效果はあつたとしても、忽ち消耗が起り、胸部器官（恐らくは前胸腺）からの絶えざるホルモンの補給がない限り退化の一途を辿るものと推察される。このことは西国型に於ても結紮後長期間を経過すると生殖巣が縮小の傾向を示すという事実によつても裏書きされるであらう*。

さて以上の考察を基本にして結論を導けば、二化螟虫の休眠覚醒は *P. cecropoia* 蛹に於けるが如く、脳の活性化→前胸腺活性化といった1種のリレー式経過によつて生起するものではなく、寧ろ頭部内のある器官の不活性化を前提とした胸部器官（前胸腺）の活性化といったものを契機とするもののように愚考される。従つて休眠はさきに著者（1950, 1951 a, b）が推測したように結果的には恐らく前胸腺の不活性化によつて招來されるものであらう。この場合頭部内器官の役割が決定的に重要であることはいうまでもないであらう。併しこの頭部内器官が脳であるか *Corpora allata* であるか或は他の器官であるかは今後の研究に待つより他ない。

V. 総 括

- 1) 越冬期に於ける二化螟虫幼虫の生殖巣は蛹化直前のものに比較すると著しく小さく、容積比1:2 或は1:3 位を示すが、この形態的変化を利用して休眠からの覚醒程度又は変態えの生理的進行度を知ることが出来る。
- 2) 蛹化間近い幼虫の体液又は若蛹の体液を休眠虫に移注すると蛹化前期間が短縮される。この場合勿論生殖巣は肥大する。
- 3) 前胸腺及び脳の移植は斃死虫が多いため実験の結論は下しかねた。
- 4) 休眠幼虫の頭部及び前胸部境界を結紮すると生殖巣は肥大し、体液カタラーゼ作用力も増大する。又胸部及び腹部境界を結紮しても生殖巣は肥大しカタラーゼ作用力も上昇する。併しそれは一時的のものであつて、時日を経過するところした傾向は認められなくなる。
- 5) 頭部内には結果的に見て蛹化えの生理的發展を阻害するような幼の本源が存在し、胸部（恐らくは前胸腺）にはそれを促進するような作用の本体があるように見える。

参 考 文 献

- Agrell, P. S. (1949) Localization of some hydrogen-activating enzymes in insects during metamorphosis. *Nature*, 164: 1039—1040.
- 深谷昌次 (1950) 二化螟虫 北方出版社。
- (1951 a) 二化螟虫の越冬生理 農薬と病虫 5: 49—51.
- (1951 b) On the theoretical bases for predicting the occurrence of the rice stem borer in the first generation. *Berich, Ohara Inst. landwirt. Forsch.* 9: 357—376.

* その後（5月）蛹化間近い西国型幼虫を用いて結紮実験を行つた結果、略々上記庄内型で得られた成績に合致した。

Fukuda, S. (1944) The hormonal mechanism of larval moulting and metamorphosis in the silkworm. Jour. Fac. Sci., Tokyo Imp. Univ., Sec. IV. 6: 477-532.

諸星静次郎 (1949) 蚕の发育機構 明文堂.

—— (1950) 蚕の生理遺傳 明文堂.

梅谷興七郎 (1946) 蚕の越年卵より見たる昆虫の卵態越冬現象 蚕糸試報 12: 393-480.

Williams, C. M. (1946) Physiology of insect diapause.

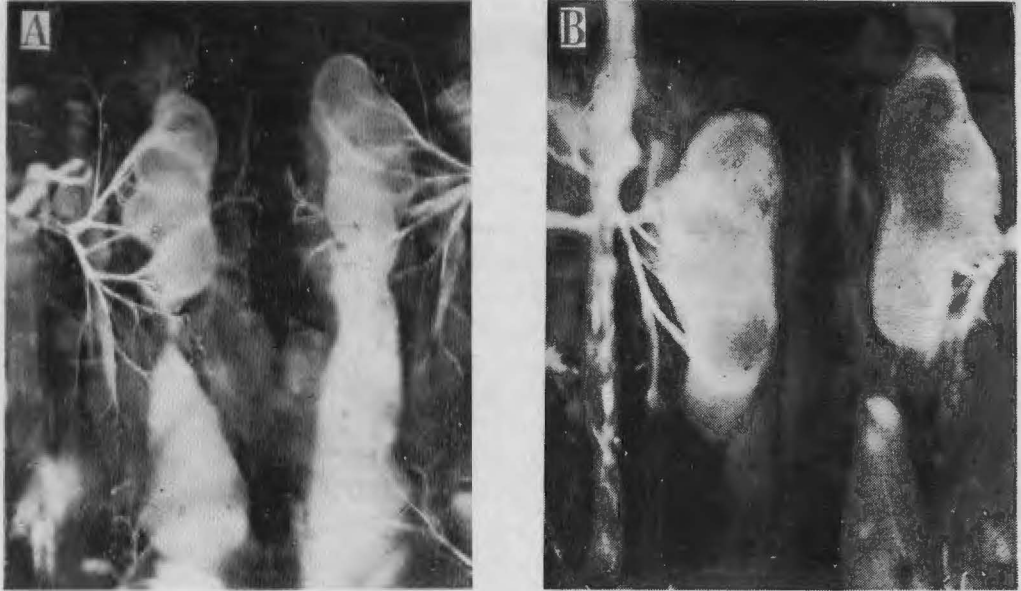
1. The role of the brain in the production and termination of pupal dormancy in the giant silkworm, *Platysamia cecropia*. Biol. Bull. 90: 234-243.

—— (1947) Physiology of insect diapause.

2. Interaction between the pupal brain and prothoracic glands in the metamorphosis of the giant silkworm, *Platysamia cecropia*, Ibid. 93: 89-98.

第 1 図 二化螟幼蟲の睾丸 (×30)

A : 庄内型加温前; B : 同 25°C 加温10日後、



第 2 図 二化螟幼蟲の卵巢 (×18)

A : 庄内型加温前; B : 同 25°C 加温15日後; O : 卵巢, F : 脂肪体



第 3 図 二化螟幼蟲の前胸腺 (×60)

A : 休眠幼蟲の前胸腺; B : 前蛹の前胸腺、共に 2 月 5 日(1951)撮影

